(Separatabdruck aus M. Schultze's Archiv Bd. III, 1867).

Ueber die Endorgane des Sehnerven im Auge der Gliederthiere.

Von

Max Schultze.

Seitdem ich nachgewiesen habe, dass der feinere Bau der Stäbchen und Zapfen im Auge der Wirbelthiere uns zwingt, den Vorstellungen über eine katoptrische Function derselben, wie sie bekanntlich Brücke zuerst vermuthete, eine bestimmtere Form zu geben, kann es sich bei einer Untersuchung der Rolle, welche die durch Stäbchen und Zapfen vermittelte Reflexion des Lichtes auf das Zustandekommen des Sehactes ausübt, meines Erachtens wesentlich nur um Zweierlei handeln. Entweder das Licht wird desswegen an der Grenzfläche von Innen- und Aussengliedern und an den Plättchen der letzteren reflectirt, damit es von dem Innengliede, als dem eigentlichen Nervenende percipirt werde. Dann wäre das Aussenglied nur ein Spiegel, ohne Continuität mit den Nerven, folglich auch an der Perception selbst nicht direct betheiligt. Oder das Aussenglied ist selbst Nervenende, folglich percipirend. In diesem Falle sind die complicirten Reflexphänomene in seinem Innern zugleich Bedingung für die Lichtwahrnehmung. Die grosse Constanz der Plättchenstructur in den Aussengliedern lässt keinen Zweifel übrig, dass überall in ihnen verwickelte Reflexionen des Lichtes zu Stande kommen, und wenn es wahr ist, worauf Vieles hindeutet, dass der innigste Zusammenhang besteht zwischen der Substanz der Innenglieder und der Kittsubstanz zwischen den Plättchen, so würden dadurch die Aussenglieder zum eigentlichen Nerven-Endapparat. Von wie grosser, ganz fundamentaler Bedeutung in diesem letzteren

Falle die reflectirenden Apparate für die Perception sein können, hat W. Zenker in seiner Theorie der Farbenperception gezeigt [1]).

Bleiben wir bei dieser zweiten Ansicht über die Bedeutung der Aussenglieder, welche die meiste Wahrscheinlichkeit für sich hat, stehen, so wäre jede Licht- oder Farbenempfindung von der Art des Reflexes im Aussengliede abhängig, speciell nach der Zenker'-schen Theorie insofern die laufenden Lichtwellen in stehende umgewandelt werden müssen, um eine Empfindung ihrer Länge hervorrufen zu können. Hat der Reflexionsapparat in der That die Bedeutung, dass ohne ihn die Empfindung, vielleicht des Lichtes überhaupt jedenfalls aber verschiedener Farben nicht möglich ist, so muss derselbe eine weitere auch auf die wirbellosen Thiere sich erstreckende Verbreitung haben. Von diesem Gesichtspuncte aus unternahm ich die Untersuchung der Augen zunächst der Gliederthiere, über deren bisherige Resultate hier einige Andeutungen Platz finden mögen.

Bekanntlich herrscht mit Rücksicht auf die Deutung der Theile des zusammengesetzten Auges der Krebse und Insecten eine Schwankung, insofern sich bisher nicht mit voller Sicherheit ausmitteln liess, welche die Function der sogenannten Krystallkegel oder Krystallkörper sei, die nämlich, allein wie eine Linse ein Bild zu erzeugen, oder diejenige zu empfinden, oder ob beide Functionen in diesen Gebilden vereinigt zu denken. Jeder welcher die umfassenden, unübertroffenen Arbeiten Leydig's über die Augen der Gliederthiere kennt, weiss, dass dieser Forscher die Krystallkegel für unmittelbare Fortsetzungen der Nerven, für die Endgebilde der Sehnervenfasern hält. Liegt somit ein Grund vor, in ihnen wie in den Aussengliedern von Stäbchen und Zapfen die Umwandlung von Lichtreiz in Nervenbewegung zu erwarten, so muss in denselben nach Plättchenstructur gesucht werden. Demgemäss habe ich die Krystallkörper einer grossen Zahl von Insecten und einiger Krebse mittelst sehr starker Vergrösserungen frisch und unter Beihülfe von Reagentien untersucht. Ich habe aber keine Plättchenstructur, welche jener der Aussenglieder vergleichbar wäre, aufgefunden. Das Einzige, was mich an das Gesuchte erinnerte, ist das Verhalten der chitinisirten, mit der Hornhaut verwachsenen Krystallkegel z. B. bei Lampyris, an welchen man Andeutungen einer Schichtstreifung erkennt. Aehnliches

1) Dieses Archiv Bd. III, p. 248.

meldet Leydig von Elater noctilucus [1]). Die zwar nicht chitinisirten aber doch recht resistenten Krystallkörper der Nachtschmetterlinge lassen im trocknen Zustande ebenfalls eine Andeutung dieser Schichtung wenigstens insofern wahrnehmen, als sie quere Spalten und Bruchflächen aufweisen. Aber die zarteren Krystallkörper der Tagschmetterlinge, der Dipteren, Orthopteren und vor Allem die mächtigen Krystallkegel der Krebse zeigen Nichts von solcher Differenzirung. Von dieser Seite her wären also keine Anhaltspuncte zu gewinnen für die Ansicht, dass in den Krystallkörpern des Arthropoden-Auges ähnliche Vorgänge ablaufen wie in den Aussengliedern der Wirbelthier-Stäbchen.

Dagegen kommen den Aussengliedern vergleichbare Bildungen hinter den Krystallkörpern der Arthropoden vor. Gottsche's gerippte Doppelpyramiden des Krebsauges [2]), deren genauere Kenntniss bei Krebsen und anderen Gliederthieren wir Leydig [3]) verdanken, sind, wie letzterer bereits wiederholt ausgesprochen hat, den Stäbchen der Wirbelthier-Retina vergleichbar. Sie stellen aus vier oder acht Strängen zusammengesetzte kantige Stäbe dar, mit deutlicher Querstreifung. »In Wasser, noch mehr in Essigsäure quellen sie auf, krümmen sich, schlängeln sich etc., sie zeigen eine feine Querstrichelung, die auch an den grossen Stäben der nackten Amphibien namentlich nach Wasserzusatz erkennbar ist« (Leydig Histiologie p. 250). Dass diese quergereiften Körper mit den Sehnerven zusammenhängen, scheint ausser Zweifel. Nach Leydig setzen sie sich continuirlich auch in die sogenannten Krystallkegel fort. Beide zusammen erst werden demgemäss von Leydig dem Stratum bacillosum der Wirbelthier-Retina verglichen.

Meinen Untersuchungen zufolge erstreckt sich die Uebereinstimmung in dem Bau der quergestrichelten Körper der Krebsaugen und der Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen noch weiter. Zunächst ist die Ursache der Querstrichelung eine exquisite Plättchenstructur. Jeder der vier oder acht Stränge, aus denen die Nervenstäbe zusammengesetzt sind, ist selbstständig geschichtet, und besteht z. B. beim Flusskrebs aus circa 3 Mikromillimeter dicken Platten, welche abwechselnd roth gefärbt und farblos sind, und

1) Müller's Archiv 1855, p. 420.

2) Müller's Archiv 1852, p. 485, Taf. XI Fig. 3 und 4 i.

3) Müller's Archiv 1855, Histiologie p. 251, Das Auge der Gliederthiere 1864, p. 23.

deren ich wiederholt 20 zählte. Die farblosen springen oft über die rothen äusserlich ein wenig hervor, so dass der Nervenstab auf der Oberfläche crenelirt erscheint. Bei starker Vergrösserung erkannte ich in den dicken Platten, namentlich den rothen eine bei Quellung noch deutlicher hervortretende äusserst feine secundäre Schichtung. Bei den wenigen Seekrebsen, welche ich bisher lebend untersuchen konnte, und welche ich der Güte des Directors des Hamburger zoologischen Gartens verdanke, nämlich bei Palaemon serratus, Carcinus Maenas und Pagurus Bernhardus sind alle Platten farblos. Ihre Zahl ist hier viel grösser als beim Flusskrebs, und die Dicke derselben geringer. Letztere beträgt bei Palämon 1,9 bei Pagurus Bernhardus 2 Mik. Sekundäre Schichtungen sind mir bei diesen Krebsen nicht aufgefallen. Dass aber auch hier abwechselnde Schichten eine verschiedene Natur haben, geht aus dem Umstande hervor, dass das dunkle Pigment, welches die fraglichen Körper stets ganz einhüllt, an jedem zweiten Plättchen fester haftet als an dem vorhergehenden, so dass nach möglichst sorgfältigem Entfernen des Pigmentes die gestreiften Nervenstäbe mit queren schwarzen Bändern gezeichnet erscheinen. Dies sieht man auch leicht an Spirituspräparaten, wenn sie gut erhalten sind, deren mir von vielen Seekrebsen zu Gebote standen. Die rothe Färbung der Plättchen des Flusskrebses lässt sich aber nicht conserviren, wie ich sie denn auch an keinem Spirituspräparat anderer Krebse wiedergefunden habe.

Sodann aber, und dies ist für die Vergleichung mit den Aussengliedern der Wirbelthier-Stäbchen von der grössten Wichtigkeit, scheint es, als wenn der geschichtete Nervenstab des Krebsauges das letzte Ende des Nerven darstellt, und allein als percipirendes Endorgan aufgefasst werden dürfe. Beim Flusskrebs und den genannten Seekrebsen, welche ich frisch untersuchen konnte, überzeugte ich mich, dass die in Rede stehenden Nervenstäbe gegen die Krystallkegel scharf abgesetzt aufhören. Was bisher unbekannt war ist dies, dass die Krystallkegel mit einem vierzipfligen Ende auf einer halbkugligen Anschwellung des Nervenstabes aufsitzen, ohne mit letzterem in Continuität zu stehen. Der geschichtete Nervenstab endet mit einem kuglig gewölbten Knopf, und diesem passt sich mit einer entsprechenden Concavität der in vier feine Zipfel ausgezogene Krystallkörper an, indem er jenen wie mit vier Armen umklammert. Zwischen beiden Theilen, die wie Gelenkkopf

und Gelenkpfanne aufeinander sitzen, besteht allem Anscheine nach keine Continuität. Dies ist am besten an frischen Augen zu sehen, welche ein bis zwei Stunden in ein- bis zweiprocent. Lösung von Ueberosmiumsäure gelegen haben, und die man nachher in Wasser untersucht und in Glycerin aufbewahrt.

Was andere Arthropoden, Mollusken und Würmer betrifft, so behalte ich mir weitere Mittheilungen vor. Dass auch bei Insecten, z. B. Käfern, Querstreifungen in der »vierkantigen Anschwellung« des Nervenstabes vorkommen, ist durch Leydig bekannt geworden [1]. Dieselben sind oft von der grössten Feinheit, wie z. B. bei den Nachtschmetterlingen, wo ich sie an der Stelle entdeckte, welche Leydig in seinen Tafeln zur vergleichenden Anatomie Taf. X, Fig. 2 e von Sphinx Atropos abbildet, und welche statt von Pigment ganz von feinen Tracheen umsponnen ist. Sie lassen sich auch hier auf Plättchenstructur zurückführen.

1) Müller's Archiv 1855, p. 418.

Bonn. Druck von Carl Georgi.